

Aus der Prothetischen Abteilung der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
Direktor: Prof. Dr. F. Jung

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE
KEIMRETENTION AN VERSCHIEDENEN
ZAHNÄRZTLICHEN KUNSTSTOFFEN

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
Jörg Stoffregen
aus Leipzig

Mainz 1967

Aus der Prothetischen Abteilung der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg - Universität in Mainz
Direktor : Prof. Dr. F. Jung

U N T E R S U C H U N G E N Ü B E R D I E
K E I M R E T E N T I O N A N V E R S C H I E D E N E N
Z A H N Ä R Z T L I C H E N K U N S T S T O F F E N

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johannes Gutenberg - Universität Mainz

vorgelegt von
Jörg Stoffregen
aus Leipzig

Mainz 1967

Dekan : Professor Dr. Dr. Thews

Referent : Privat - Dozent Dr. H. Marx

Korreferent : Professor Dr. F. Jung



- I Aufgabenstellung der Arbeit

- II Grundsätzliches über die in der Zahnheilkunde verwendeten
Kunststoffe

- III Mikrobiologische Gegebenheiten der Mundhöhle

- IV Allgemeines über die untersuchten Kunststoffe und die
verwendeten Prüfkörper

- V Der Versuch
 - A. Anordnung und Aufbau des Versuches
 - B. Zählergebnisse
 - C. Statistische Auswertung

- VI Klinische Beobachtungen

- VII Diskussion

- VIII Zusammenfassung

- IX Literaturverzeichnis

I AUFGABENSTELLUNG DER ARBEIT

Es ist Aufgabe der zahnärztlichen Prothetik, die durch Zahnverluste bedingte Behinderung des Kausystems in mastikatorischer, ästhetischer und phonetischer Sicht auszugleichen. Der Zahnersatz oder die "Prothese" soll die gestörte Ordnung des Kausystems wieder herstellen, soll auf der anderen Seite die Gewebe der Mundhöhle nicht schädigen und den hygienischen Anforderungen genügen.

Während die ästhetischen Forderungen durch die heute gebräuchlichen Kunststoffe in nahezu vollkommener Weise erfüllt werden können, stellen die hygienischen Forderungen an einen in die Mundhöhle eingebrachten Fremdkörper, denn als solcher muß eine Prothese betrachtet werden, immer noch ein Problem dar.

Das Milieu der Mundhöhle bietet außerordentlich günstige Voraussetzungen für die Vermehrung von Mikroorganismen. Es ist nun weitgehend von den Materialeigenschaften eines in dieses Milieu eingebrachten Fremdkörpers abhängig, ob er den ihn umgebenden Mikroorganismen eine Retentionsmöglichkeit bietet oder nicht. Insbesondere interessiert dabei die Infrastruktur des Materials und damit seine Reinigungsfähigkeit; d.h. wenn die Mikroorganismen in der Lage sind, in das Innere des Prothesenwerkstoffes einzudringen, ist es für den Prothesenträger nur schwer möglich, bei der täglichen Reinigungsprozedur alle Keime zu beseitigen.

Zur Zeit stehen uns eine ganze Reihe verschiedener Polymerisationskunststoffe als Prothesenwerkstoffe zur Verfügung. Es lassen sich dabei zwei Grundtypen unterscheiden, die einen werden kalt und die anderen warm verarbeitet. Innerhalb beider Typen gibt es noch verschiedene Verarbeitungsmodifikationen, die ihrerseits ein sehr buntes Bild der Infrastruk-

turen der verschiedenen fertigen Prothesen erwarten lassen. Ob nun einige der an unserer Klinik verarbeiteten Kunststoffe tatsächlich eine unterschiedliche Keimretention an der Oberfläche und in der Tiefe zeigen, soll mit der vorliegenden Arbeit untersucht werden.

II GRUNDSÄTZLICHES ÜBER DIE IN DER ZAHNHEILKUNDE VERWENDETEN KUNSTSTOFFE

Der Wunsch, als Basismaterial für die künstlichen Zähne einen Stoff zu benutzen, der den natürlichen Gegebenheiten in Bezug auf Aussehen und Oberflächenbeschaffenheit möglichst nahe kommt, aber auch die notwendigen mechanischen Eigenschaften besitzt, um den künstlichen Zähnen Halt zu geben und den beim Kauakt auftretenden Belastungen standzuhalten, hat lange Jahre den Kautschuk das Material der Wahl sein lassen. Jedoch haben insbesondere die mangelhaften hygienischen Eigenschaften dieses Materials nach neuen Stoffen suchen lassen.

SKINNER (10) hat in seinem Buch "The Science of Dental Materials" die Anforderungen, die an das Basismaterial einer Prothese zu stellen seien, folgendermaßen in 10 Punkten zusammengefasst. :

1. Herstellung der Prothesen mittels einfacher Technik und Einrichtung, um die Verarbeitung im Labor des Zahnarztes zu ermöglichen.
2. Formkonstanz bei der Verarbeitung und beim Tragen des Zahnersatzes.
3. Leichte Reparaturmöglichkeiten ohne Dimensionsänderungen.
4. Genügende Elastizität als Ausgleich für die starke Beanspruchung beim Kauakt.
5. Genügende Widerstandsfähigkeit gegenüber Gewalteinwirkungen außerhalb des Mundes.
6. Undurchlässigkeit für Speichel, um zu vermeiden, daß das Material durch Fäulnisvorgänge (Bakterientätigkeit) unhygienisch wird.
7. Gewebefreundlichkeit; harmonische Angleichung an die Farbe der

Weichgewebe, Transluzenz, die auch außerhalb des Mundes erhalten bleibt.

8. Geruch- und Geschmacklosigkeit.
9. Geringes spezifisches Gewicht und hohe Wärmeleitfähigkeit.
10. Der Werkstoff soll sich bei gelegentlichen hohen Temperaturen nicht verformen und soll nicht weich werden, sodaß er idealerweise mit kochendem Wasser gereinigt werden könnte.

All diese Forderungen hat man bis heute jedoch noch nicht mit einem Material erfüllen können. Am Nächsten kamen ihnen bisher die Polymere des Vinylchlorids, der Acryl- bzw. Methacrylsäure und ihre Ester. Sie stehen heute als Prothesenbasismaterial im Vordergrund.

WEIKART (11) beschreibt recht ausführlich die Eigenschaften der heute in der Zahnheilkunde verwendeten Kunststoffe. Das spezifische Gewicht wird mit 1,1 - 1,35 angegeben. Die Wärmefestigkeit liegt zwischen 70° und 80° C. Das ist für die Gegebenheiten der Mundhöhle als völlig ausreichend anzusehen, da auch sehr heiß genossene Speisen nur selten diese Temperatur erreichen. Allein die Forderung nach der Reinigung in kochendem Wasser ist damit nicht zu erfüllen. Die Wärmeleitfähigkeit unserer Kunststoffe ist als ausgesprochen schlecht anzusehen und stellt in dieser Beziehung noch keine Verbesserung gegenüber dem Kautschuk dar. In kosmetischer Sicht hingegen scheint mit der Einführung der Methacrylate das Optimum erreicht zu sein, denn die Zahnfleischfarbe ist ihrem natürlichen Aussehen entsprechend in jeder Tönung nachzuahmen. Die Widerstandsfähigkeit der Kunststoffe gegen in der Mundhöhle vorkommende chemische Agentien ist als ausgesprochen

gut zu bezeichnen. Nicht zu unterschätzen ist die Expansion der Kunststoffe auf Grund ihrer Wasseraufnahme. Sie beträgt bei Methacrylaten 0,7 - 1,1 %.

In den ersten Jahren nach der Einführung der Methacrylate kamen fertig polymerisierte Formlinge oder auch Pulver in den Handel, die nach dem sogenannten "Trockenverfahren" rein thermoplastisch verformt wurden. Bei der heute üblichen Verarbeitung, dem sogenannten "Naßverfahren", wird fertig polymerisiertes Kunststoffpulver mit der monomeren Flüssigkeit angeteigt. Das Monomere ist der Methacrylsäuremethylester mit der Formel :



Die weitere Verarbeitung dieses Kunststoffteiges erfolgt durch Stopfen in die offene Kuvette, Schließen derselben unter Druck und anschließen der allmählicher Wärmezuführung, um die Polymerisation einzuleiten.

Polymerisation ist ein Zusammenschluß vieler einzelner Moleküle zu einem großen Molekül ohne Abspaltung eines Reaktionsproduktes. Eingeleitet wird die Polymerisation durch Aktivatoren, das sind Katalysatoren wie Peroxyde, Metallhalogene, Wärme, Licht usw.

Bei der Polymerisation selbst unterscheidet man drei Vorgänge :

1. Die Startreaktion: Aktivierung der monomeren Teilchen,
2. Die Wachstumsreaktion: Bildung der Ketten,
3. Die Abbruchreaktion: Stabilisierung des Makromoleküls.

Der Umfang der Polymerisation und die dadurch erzielte Größe der Moleküle wird als Polymerisationsgrad bezeichnet. Den höchsten Polymerisationsgrad und damit die günstigsten mechanischen Ergebnisse erhält man

bei langsamem Temperaturanstieg und längerer Polymerisation bei tiefer Temperatur.

Die Polymerisation nach KULZER - Vorschrift, die lange Jahre bei uns richtungweisend war, läßt fünf Phasen erkennen:

1. Temperaturanstieg des Wasserbades von 0° auf 70° C in 30 min.
2. Verweilen der Temperatur bei 70° C weitere 30 min lang,
3. Weiterer Anstieg der Temperatur von 70° auf 100° C in den nächsten 15 min,
4. Verweilen der Temperatur auf 100° C für weitere 30 min,
5. Langsame Abkühlung im Wasserbad.

Dieser Art der Polymerisation steht die sogenannte "Langzeitpolymerisation" gegenüber. Dabei lassen sich nur drei Phasen unterscheiden:

1. Temperaturanstieg des Wasserbades von 0° auf 70° C in 3 Stunden,
2. Verweilen der Temperatur bei 70° C für weitere 9 Stunden,
3. Langsame Abkühlung im Wasserbad

Seit einigen Jahren sind auch kaltpolymerisierende Kunststoffe im Handel. Ihren Verarbeitungsvorschriften ist zu entnehmen, daß sie nach herkömmlicher Weise in die Kuvette gestopft und unter Druck verarbeitet werden können, ebenso kann aber auch der angeteigte Kunststoff auf das isolierte Modell aufgebracht und ohne Druck an der Luft auspolymerisiert werden. Nach letzterem Verfahren ist allerdings eine Blasenbildung nicht immer ganz zu vermeiden. Um diesen Nachteil auszugleichen, werden unter anderen neuerdings folgende Verfahren und Geräte empfohlen.

1. Beim AIR-0-FLASK der Hager & Werken G.M.B.H. wird das mit noch plastischem Kunststoff beschickte Modell bis zur Beendigung der Polymerisation einem Luftdruck von mehreren Atü ausgesetzt.

2. Beim REPAPRESS Gerät der Phönix AG für Zahnbedarf wird die Polymerisation im Wasserbad unter einem Druck von 4 Atü durchgeführt. Mit diesem Gerät wurden in unserem klinikseigenen Labor recht befriedigende Ergebnisse erzielt.
3. Nach ähnlichen Prinzipien wie das Repapressgerät arbeitet das DACOL HYDROFLASK aus England. Auch hier erfolgt die Polymerisation im Wasserbad unter einem Druck von ca. 3,5 Atü.
4. Bei 2. und 3. wird der Druck direkt von der Presse auf die Wassersäule ausgeübt. Anders ist es bei der von der Firma DENTAURUM empfohlenen Methode. Hier wird der Druck auf einen Luftraum über dem Wasserbad ausgeübt. So kommt er nur sekundär bei der Polymerisation zur Wirkung.

Die bei den Kaltplasten so unterschiedlichen Verarbeitungsmöglichkeiten lassen auch ebenso unterschiedliche Strukturen erwarten. Es ist anzunehmen, daß diese strukturellen Unterschiede bei der Frage nach der Besiedlung durch Mikroorganismen bzw. Retention derselben auf den zur Prothesenbasis verarbeiteten Werkstoffen eine Rolle spielen. Gewisse Strukturunterschiede läßt bereits die 35fache Vergrößerung der Oberflächen der Prüfkörper (Abb. 1 bis 4) erkennen.

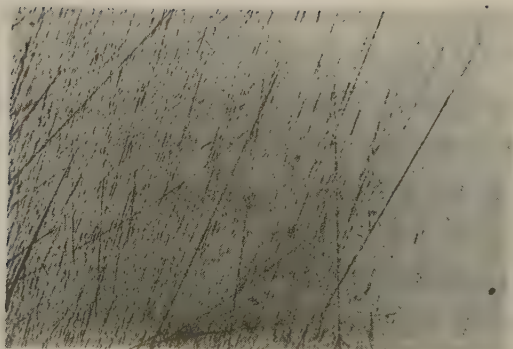


Abb. 1. Die Oberfläche von PALADON 65 im Auflichtmikroskop bei ca. 35facher Vergrößerung.

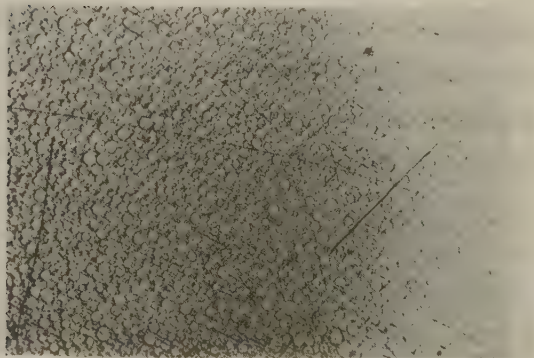


Abb. 2. Die Oberfläche von PALADUR gepresst im Auflichtmikroskop bei ca. 35facher Vergrößerung.

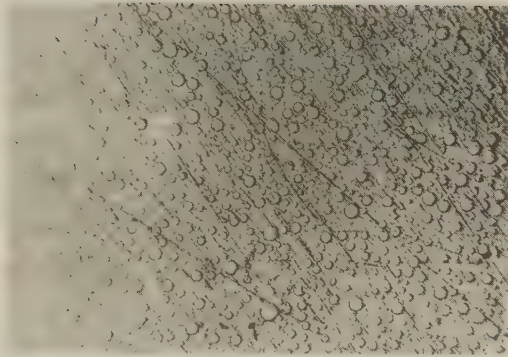


Abb. 3. Die Oberfläche von PALADUR getropft im Auflichtmikroskop bei ca. 35 facher Vergrößerung.

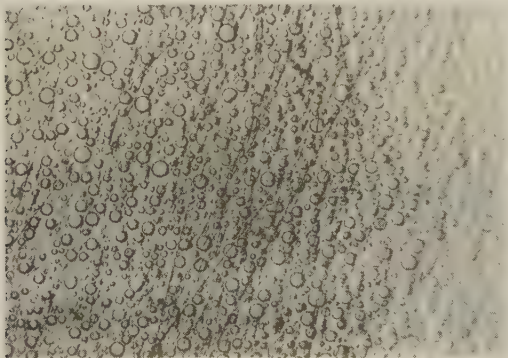


Abb. 4. Die Oberfläche von im Drucktopf verarbeitetem PALADUR im Auflichtmikroskop bei ca. 35 facher Vergrößerung.

Auch die grafische Aufzeichnung des Oberflächenprofils der untersuchten Proben mittels des FÜRSTER-Profilografen läßt erhebliche Unterschiede der Oberfläche erkennen, obwohl die Oberflächenbearbeitung der Proben unter gleichen Bedingungen durchgeführt wurde.

Der FÜRSTER-Profilograf ist ein Meß- und Registriergerät zur schnellen und formgetreuen Aufzeichnung des Oberflächenprofils und zur direkten Anzeige der praktisch wichtigsten Rauheitsmaße. Die Werkstücksoberfläche wird dabei mit einer Saphir- oder Diamantnadel abgetastet. In einem elektromechanischen Wandler wird die Bewegung der Tastnadel, die von einem Vorschub über die Werkstücksoberfläche geführt wird, in eine elektrische Spannung umgesetzt. Die Diagramme 1 bis 12 geben die Oberfläche der untersuchten Kunststoffproben, von Glas und einer keramischen Masse in zwei verschiedenen Meßbereichen wieder.

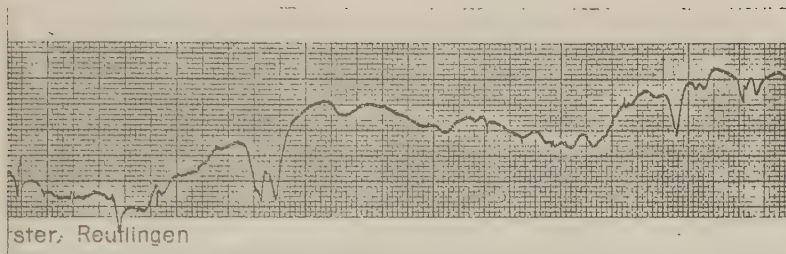


Diagramm 1. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus einer keramischen Masse im Meßbereich von $10\text{ }\mu$ (3 Teilstriche = $1\text{ }\mu$).

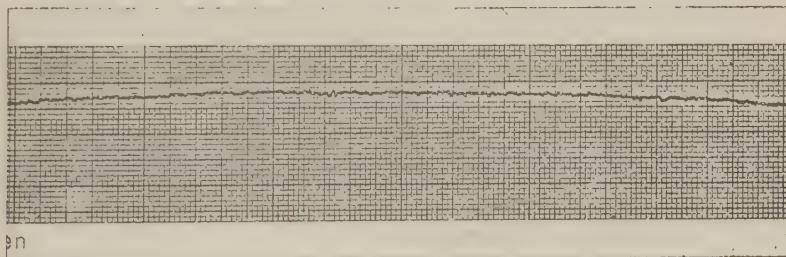


Diagramm 2. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADON 65 im Meßbereich von $10\text{ }\mu$ (3 Teilstriche = $1\text{ }\mu$).

c

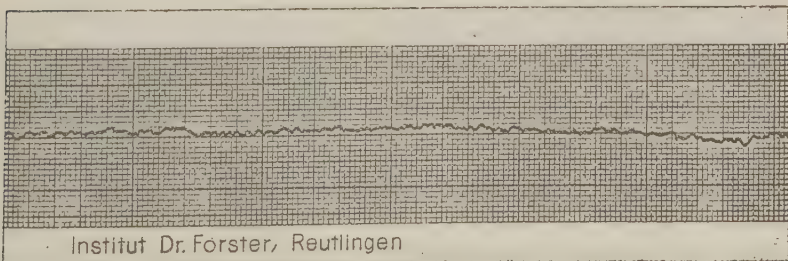


Diagramm 3. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADUR gepresst im Meßbereich von $10\text{ }\mu$ (3 Teilstriche = $1\text{ }\mu$)

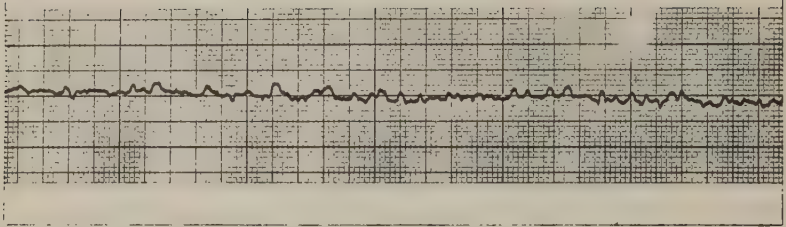
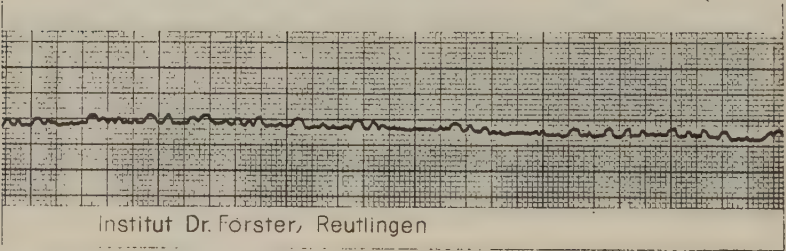
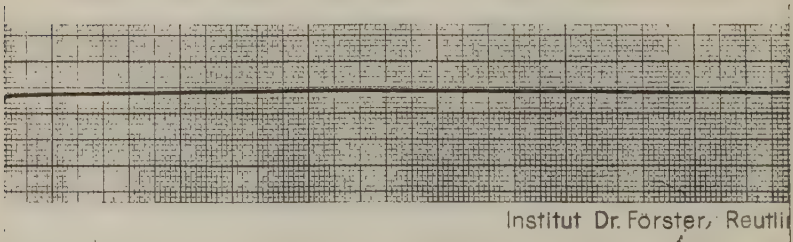


Diagramm 4. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADUR getropft im Meßbereich von 10 μ (3 Teilstriche = 1 μ).



Institut Dr. Förster, Reutlingen

Diagramm 5. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADUR im Drucktopf im Meßbereich von 10 μ (3 Teilstriche = 1 μ).



Institut Dr. Förster, Reutlingen

Diagramm 6. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus Glas im Meßbereich von 10 μ (3 Teilstriche = 1 μ).

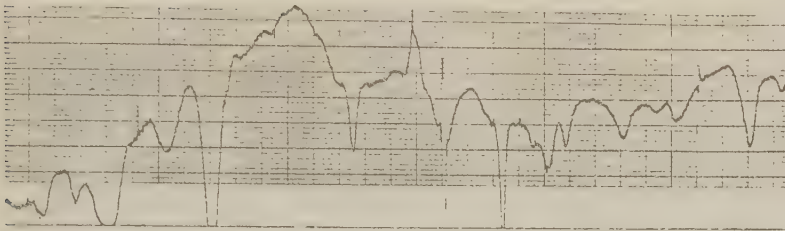
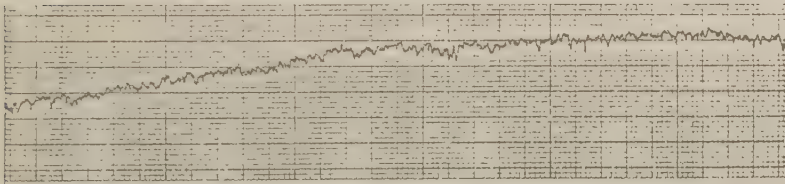
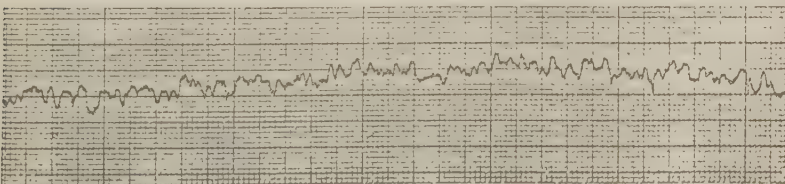


Diagramm 7. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus einer keramischen Masse im Meßbereich von $3\text{ }\mu$ (10 Teilstriche $\approx 1\text{ }\mu$).



Institut Dr. Forst:

Diagramm 8. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADON 65 im Meßbereich von $3\text{ }\mu$ (10 Teilstriche $\approx 1\text{ }\mu$).



Institut Dr. Forster, R

Diagramm 9. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADUR gepresst im Meßbereich von $3\text{ }\mu$ (10 Teilstriche $\approx 1\text{ }\mu$).

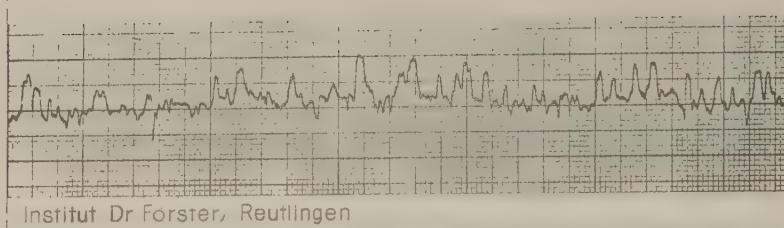


Diagramm 10. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADUR getropft im Meßbereich von $3\text{ }\mu$ (10 Teilstriche = $1\text{ }\mu$).

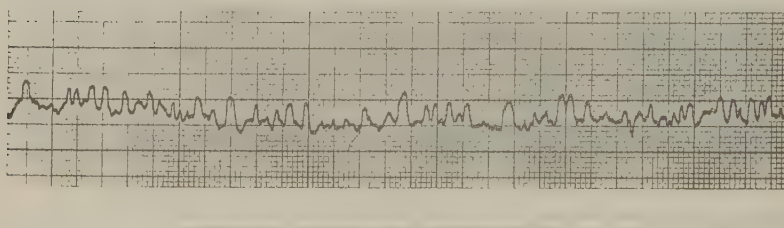


Diagramm 11. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus PALADUR im Drucktopf im Meßbereich von $3\text{ }\mu$ (10 Teilstriche = $1\text{ }\mu$).

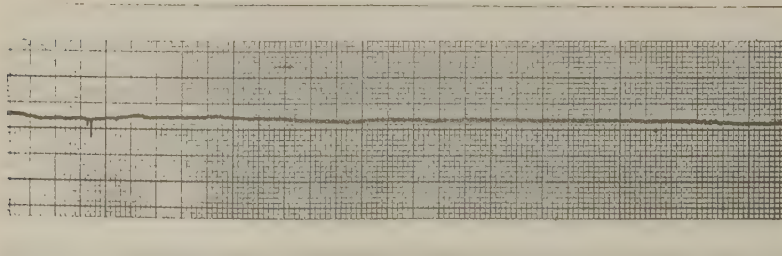


Diagramm 12. Aufzeichnung des Oberflächenprofils einer Probe aus Glas im Meßbereich von $3\text{ }\mu$ (10 Teilstriche = $1\text{ }\mu$).

III MIKROBIOLOGISCHE GEGEBENHEITEN DER MUNDHÖHLE

Die Schleimhaut der Mundhöhle beherbergt zeitweilig als Durchgangsflora fast alle im Körper anzutreffenden Mikroorganismen. Dabei sind drei Gruppen zu unterscheiden:

1. Arten der normalen Darm- und Genitalflora und gelegentlich des oberen Respirationstraktes.
2. Freilebende Arten der Außenwelt.
3. Pathogene Arten, die die Mundhöhle im Rahmen des Keimträgertums - also ohne pathologische Veränderungen hervorzurufen - vorübergehend besiedeln.

Dem steht die sogenannte Standortflora - d.h. Keime, die in einem für die einzelne Mundhöhle festliegenden Zahlenverhältnis zueinander stündig dort anzutreffen sind - gegenüber.

Nach der Beschreibung der quantitativen Analyse der Standortflora der Mundhöhle von BERGER (1) stellen die Streptokokken den Hauptteil der aerob wachsenden Arten der Mundbewohner. Unter diesen wiederum überwiegt die Viridansgruppe. Qualitative Unterschiede in der Streptokokkenflora der gesunden Mundhöhle und bei Erkrankungen des Zahnes, des Zahnhalteapparates und der Mundschleimhaut lassen sich nicht nachweisen. In der Folge ihrer Häufigkeit sind weiter die Staphylokokken und an dritter Stelle die Acidophilus-Bakterien zu nennen. Weiterhin gehören saprophytische Neisserien, apathogene Hämophilusarten ebenso auch Micrococcus pyogenes und hämolysierende Streptokokken verschiedener serologischer Gruppen zur typischen Mundflora.

Die anaerobe Standortflora ist dem aeroben Teil zahlenmäßig unterlegen, da wenig Lebensraum für sie vorhanden ist. Hierher gehören die

Spirochäten mit den Gattungen *Borrelia* und *Treponema*, Fuschbakterien, *Leptotrichia*, *Bacteroides melaninogenicus*, *Spirillum sputigenum*, anaerobe Vibrionen, Aktinomyceten, die erst vor wenigen Jahren entdeckten Myxobakterien und die offenbar den Hauptteil darstellenden Veillonellen.

LAMMERS (7) bezeichnet das gesunde Verhältnisse kennzeichnende Bild einer Schleimhautflora im Magen-Darm-Trakt als EUBAKTERIE, während der Begriff DYSEBakterie jede Abweichung der mikrobiologischen Verhältnisse vom Normalen umfaßt. Diese Begriffe lassen sich sinngemäß auch auf die Mundhöhle übertragen. Befinden sich mehrere Keimarten in einem gemeinsamen Nährmedium, so steht der Grad ihrer Vermehrung in gesetzmäßiger Beziehung zueinander, die sich in Zahlen ausdrücken läßt. Dieses Zahlenverhältnis ist vom Milieu (Zuckergehalt, pH-Wert usw.) abhängig. Das Prinzip des Antagonismus beruht darauf, daß eine Art gegen die andere in dem Maße Hemmstoffe bildet, daß ein zahlenmäßig konstantes Gleichgewicht zwischen beiden bestehen bleibt. So kommt LAMMERS auf Grund seiner Versuche zu folgender Annahme:

"Wenn wir nun in der Mundhöhle ein etwa gleichbleibendes Kräfteverhältnis zwischen Staphylokokken, Streptokokken und Acidophilusbakterien beobachten konnten, so liegt nach unseren In-vitro-Ergebnissen die Annahme nahe, daß in der jeweiligen Mundhöhle eine konstante Reaktion vorliegen muß. Es ist selbstverständlich, daß diese nicht starr auf einen bestimmten pH-Wert fixiert sein kann, sondern eine bestimmte Schwankungsbreite aufweist."

"Je mehr sich die Reaktion der Mundflüssigkeit vom Neutralpunkt weg zur alkalischen Seite hin verschiebt, desto dominierender muß die Stellung der Staphylokokken in der Mundflora werden. Doch schon bei pH-Werten über 7,5 geht diese Vormachtstellung an die Colibakterien über, die wieder bei

weiterer Alkalisierung durch gramnegative Fäulniserreger abgelöst werden. Verschiebt sich dagegen die Reaktion der Mundflüssigkeit zur sauren Seite, so erlangen zunächst die vergrünenden Streptokokken und nach diesen die Acidophilusbakterien die Vormachtstellung innerhalb der Mundhöhle."

Aus dem zuvor Gesagten erklären sich verschiedene Versuchsergebnisse von LAMMERS. Er hatte feststellen können, daß bei der gleichen Versuchsperson das Keimverhältnis der Speichelbakterien auch über einen längeren Beobachtungszeitraum in etwa konstant bleibt. Das bedeutet, daß die Ökologie der Bakterien für die jeweilige Mundhöhle typisch ist. Selbst bei massiver Infektion der Mundhöhle mit Acidophilusbakterien, Streptokokken oder Staphylokokken, stellte sich das für die betreffende Mundhöhle typische Kräfteverhältnis innerhalb weniger Stunden wieder ein.

Zusammenfassend stellt LAMMERS fest, daß die Wachstumsintensität der einzelnen Keimarten im Rahmen der jeweiligen Mundflora festliegt, darüber hinaus aber das Beziehungssystem der Keimgruppen zueinander in jeder Mundhöhle seine eigene Prägung besitzt und nur für die jeweilige Mundhöhle typisch ist.

IV ALLGEMEINES ÜBER DIE UNTERSUCHTEN KUNSTSTOFFE UND DIE VERWENDETEN PRÜFKÖRPER

Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich auf zwei verschiedene Kunststoffe: PALADON 65 und PALADUR, beide von der Firma Kulzer & Co., Bad Homburg v.d.H.

Beim PALADON 65 handelt es sich nach Aussage des Firmenprospektes um einen nach modernen Gesichtspunkten weiterentwickelten Prothesenwerkstoff, der allen Polymerisationsarten, ob Kurz- oder Langzeitverfahren sowohl im Wasserbad als auch im Heißluftschrank gerecht wird. PALADON 65 ist ein ausgewogen vernetztes Methacrylsäureester-Copolymerisat auf Pulver- und Flüssigkeitsbasis. Es wurde nach der Firmenvorschrift verarbeitet und im Langzeitverfahren polymerisiert.

PALADUR ist ein Autopolymerisat mit schneller Aushärtung, ebenfalls auf Pulver- und Flüssigkeitsbasis. Normalerweise erfolgt die Aushärtung bei Arbeiten ohne Druck an der Luft, bei Raumtemperatur in etwa zehn Minuten, bei Mundtemperatur wird die Aushärtungszeit beschleunigt, durch Einbringen in kaltes Wasser wird sie verlängert. Die Firma Kulzer gibt für diesen Kunststoff verschiedene Verarbeitungsmodifikationen an.

- a) Teigmethode-fest - Anrühren im Schälchen (Mischungsverhältnis 5 : 2). Aushärtung mit Druck in etwa 10 Minuten bei 20° C.
- b) Teigmethode-flüssig - Anrühren im Schälchen und Aufbringen auf das Modell (Mischungsverhältnis 5 : 3).

Die Aushärtung kann

- 1. ohne Druck an der Luft in etwa 13 Minuten bei 20° C
- 2. im Wasserbad unter einem Druck von 3 - 4 Atü in
15 - 20 Minuten erfolgen.

- c) Plattenmethode - Anmischen im Schälchen zu dünnflüssigem Teig (Mischungsverhältnis 5 : 3) und Ausgießen zu einer Platte auf Polyäthylenfolie. Aushärtung in etwa 12 Minuten bei 20° C.
- d) Streumethode - Abwechselndes Auftragen von Pulver und Flüssigkeit direkt auf das Gipsmodell. Aushärtung je nach Teigkonsistenz in etwa 10 Minuten.

Die Prüfkörper aus PALADUR wurden für den vorliegenden Versuch nach den Verarbeitungsmodifikationen a) und b) hergestellt.

Die Prüfkörper aus PALADON 65 erhielten wir nach dem von der Prothesenherstellung bekannten Verfahren. Eine 2 mm starke Wachsplatte wurde wie eine Prothese in eine normale Kuvette eingebettet. Anschließend wurde die Kuvette ausgebrüht, isoliert, mit dem Kunststoffteig beschickt und nach dem Pressen im sogenannten Langzeitverfahren polymerisiert. Zur Weiterverarbeitung benutzten wir eine Planschleifmaschine, wie sie in petrologischen Instituten verwendet wird.

Ein Dreipunktsystem diente dazu, die Oberseite der Kunststoffplatte parallel zu ihrer Unterseite planzuschleifen. Zwei der Punkte waren entsprechend der Stärke des Schleifobjektes justierbare Auflagen auf der festen Ebene vor der Schleifplatte. Den dritten Punkt stellte das Schleifobjekt selbst dar. Die Anordnung gibt die Abbildung 5 wieder. Um die Kunststoffplatte an diesem dritten Punkt, dem Schleifobjektträger, fixieren zu können, wurden zwei aneinanderstoßende Seiten derart abgelenkt, daß sie unter zwei entsprechende Backen paßten. Die ganze Platte wurde dann mittels einer Feder in dieser Lage gehalten. Der Pfeil auf Abbildung 6 gibt dabei die Schleifrichtung an.

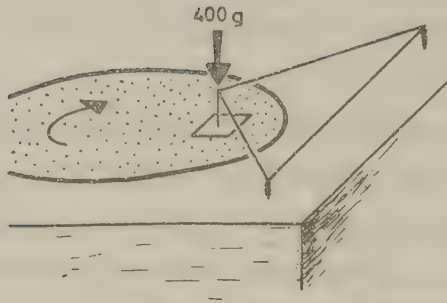


Abb. 5. Schematische Darstellung des Arbeitsganges an der Parallelschleifmaschine.

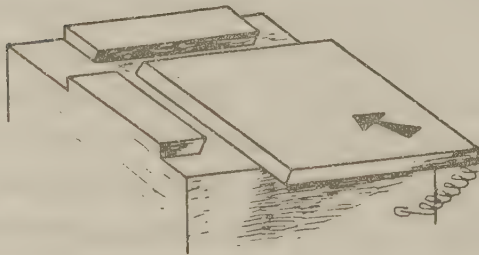


Abb. 6. Fixierung der Kunststoffplatte auf dem Schleifobjektträger von der der Schleifplatte zugekehrten Seite.

Der Schleifobjektträger wurde während des Schleifvorganges durch ein Gewicht von 400 g an die rotierende Schleifplatte angedrückt. (Vergl. hierzu Abb. 5). Die Prüfkörper wurden im Naßschleifverfahren mit Glaspapier der Körnung 150 auf eine Stärke von 1,50 mm abgeschliffen. Mit Hilfe einer feinmechanischen Kreissäge wurden die Platten dann auf die Kantenlänge von 15 mm zugeschnitten. Die Prüfkörper hatten in diesem Stadium die Maße 15,60 x 15,00 x 1,50 mm. Anschließend wurden die Prüfkörper auf einer Filzscheibe mit Schlammkreide ebenfalls auf der Parallelschleifmaschine poliert.

Aus PALADUR wurden einmal Prüfkörper nach der Verarbeitungsmodifikation a) hergestellt. Auch hier wurde eine 2 mm starke Wachsplatte in eine Kuvette eingebettet, anschließend ausgebrüht und isoliert. Dann wurde PALADUR - Pulver und Flüssigkeit im Verhältnis 5 : 2 gemischt. Nach 3 - 4 Minuten wurde die Kuvette mit Überschuß gestopft, geschlossen und unter die Presse gestellt. Sechs Minuten nach dem Zusammengeben von Pulver und Flüssigkeit war die Kuvette dann endgültig geschlossen. Bis zum Ausbetten blieb die Kuvette weitere 20 Minuten unter der Presse stehen. Die weitere Herstellung der Prüfkörper aus PALADUR (Verfahren a) erfolgte analog denen aus PALADON 65.

Weiterhin wurden Prüfkörper aus PALADUR nach der Modifikation b) hergestellt. Das Mischungsverhältnis von Pulver und Flüssigkeit betrug 5 : 3. Dieser dickflüssige Teig wurde auf einer Fläche von ca. 50 x 50 mm mit einer Schichtstärke von ca. 2,5 mm ausgegossen. Die Aushärtung erfolgte bei der einen Serie von Prüfkörpern ohne Druck an der Luft bei einer Raumtemperatur von ca. 22° C. Die andere Serie von Prüfkörpern wurde sofort nach dem Ausgießen in ein Wasserbad gebracht, über dem die

Luftsäule einen Überdruck von 4,5 Atü hatte. Nach der Aushärtung erfolgte auch hier die Weiterverarbeitung der Kunststoffplatten analog denen aus PALADON 65.

Damit liegen 4 Serien von Prüfkörpern vor:

1. Prüfkörper aus PALADON 65
2. Prüfkörper aus PALADUR unter Druck in der Kuvette verarbeitet
(PALADUR gepresst)
3. Prüfkörper aus PALADUR ohne Druck verarbeitet
(PALADUR getropft)
4. Prüfkörper aus PALADUR unter Druck im Wasserbad verarbeitet
(PALADUR im Drucktopf)

Diesen vier Prüfkörpern wurde in jeder Versuchsserie noch ein Prüfkörper gleichen Ausmaßes aus Glas und einer aus einer keramischen Masse hinzugefügt. Die Probe aus Glas war als Repräsentant einer nahezu ideal geringen Porosität gegenüber den verwendeten Kunststoffen gedacht, und die Probe aus der keramischen Masse hatte eine größere Porosität, wie eine fotografische Oberflächenaufnahme im Auflichtmikroskop bei 35facher Vergrößerung in den Abbildungen 7 und 8 bestätigt (Vergl. hierzu die Abb. 1 - 4). Diese keramische Probe mit ihrer erheblichen Porosität sollte als Testkörper für eine extrem hohe Keimretentionsmöglichkeit dienen.

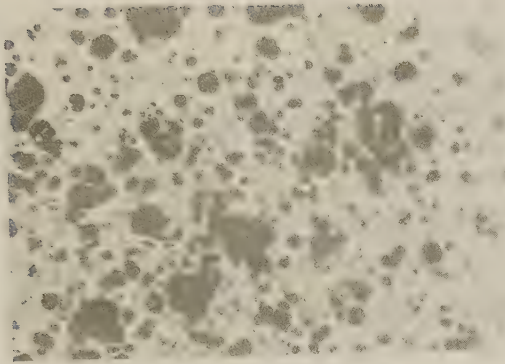


Abb. 7. Die Oberfläche der keramischen Masse im Auflichtmikroskop bei ca. 35 facher Vergrößerung.



Abb. 8. Die Oberfläche von Glas im Auflichtmikroskop bei ca. 35 facher Vergrößerung.

V DER VERSUCH

A. Anordnung und Aufbau des Versuches

Bei den meisten in der Literatur beschriebenen bakteriologischen Untersuchungen an Kunststoffen stellte die Sterilisation ein großes Problem dar (RODENHÄUSER, 9, WERNER, 12). Da die meisten dieser Stoffe thermolabil, d.h. nicht hitzebeständig sind, kann die herkömmliche Technik der Dampfsterilisation für sie nicht angewendet werden. Auch die bisher gebräuchlichen Verfahren, wie das Einlegen in Alkohol-, Formalin- oder Sublimatlösungen sind nicht nur umständlich und zeitraubend, sondern auch in bezug auf die Keimfreiheit nicht zuverlässig.

Einen bedeutenden Fortschritt brachte hier ein nach dem Verfahren von GEWALT und LAMMERS (3) arbeitendes Kaltsterilisationsgerät, das sich auch im täglichen Einsatz einer Chirurgischen Universitätsklinik gut bewährt hat. (HEISS, SCHMIDT-MENDE, 4). Dieses Gerät arbeitet nach dem sogenannten "Mainzer Sterilisationsverfahren" (KLIEWE, LAMMERS, 5) unter der Firmenbezeichnung STERIVIT. Als Sterilisationsmittel wird ein nicht brennbares, nicht explosives Gemisch von 12-15 % Äthylenoxyd (C_2H_2O) und 88-85 % CO_2 verwandt. Äthylenoxyd hat einen unstabilen Dreiering als Grundlage und wirkt daher alkylierend. Die bakterizide Wirkung scheint parallel zu gehen mit der chemischen Aktivität als alkylierendes Agens. Es wirkt im Gegensatz zu anderen chemischen keimtötenden Stoffen auch in üblicher Konzentration sporizid. Das Gasgemisch zeichnet sich neben seinen guten keimtötenden Fähigkeiten durch eine besonders große Permeationsfähigkeit aus. Zusammengesetzte Instrumente, und Geräte werden ebenso wie Papier, Gewebe, Zellophan und PVC-Folien rasch durchdrungen. Von gro-

Der Bedeutung ist dabei die Möglichkeit, das Sterilisationsgut gebrauchsfertig in PVC-Folien verschweißt sterilisieren zu können. Die Verpackung in PVC-Folien und somit hermetische Abdichtung gegenüber Bakterien und Luft gewährleistet eine einwandfreie Keimfreiheit auch über einen längeren Zeitraum (BRUHIN, BUHLMANN, VISCHER, LAMMERS, 2).

MARX (8) hat nachweisen können, daß das Sterivit-Verfahren während des Sterilisationsvorganges an Kunststoffprothesen weder eine Form- noch eine Farbveränderung bewirkt. Bakteriologische Untersuchungen der kaltsterilisierten Prothesen, selbst wenn diese bereits lange getragen worden waren, ergab absolute Keimfreiheit in allen Fällen.

Für den vorliegenden Versuch wurde jede Probe, in einem PVC-Beutel verpackt, nach dem Sterivit-Verfahren unter einem Druck von $5,5 \text{ kg/cm}^2$, einer Temperatur von 55°C und einer Luftfeuchtigkeit von 70 - 80 % sterilisiert. Um eventuelle Reste des Äthylendioxydes aus dem Untersuchungsmaterial zu entfernen, wurde der Plastikbeutel mit der Probe eine Woche lang in einem auf -750 mm Unterdruck evakuierten Exsikkator belassen. Die Einstellung auf diesen Unterdruck mußte außerordentlich langsam erfolgen, um ein Platzen der PVC-Beutel zu vermeiden.

Die bakteriologischen Untersuchungen wurden mit einem grampositiven Staphylokokkenstamm, dem Teststamm SG 511, durchgeführt. Die nach oben genanntem Verfahren sterilisierte Probe wurde durch eine zwölfstündige Lagerung in einer Bouillon, die ca. 100.000.000 Keime/ccm enthielt, infiziert. Die infizierte Probe wurde dann mittels einer sterilen Pinzette in ein mit 10 ccm sterilem Leitungswasser gefülltes Becherglas befördert. Durch einen Magnetrührer wurde dann das sterile Leitungswasser eine Minute lang in innige Berührung mit der infizierten Probe gebracht.

Jeweils 1 ccm des so gewonnenen "Waschwassers" wurde zu einer Platte ausgegossen, bebrütet und dann wurden die Kolonien gezählt. Dieser Vorgang wurde als "sukzessive Waschung" sechsmal mit jeweils neuen mit 10 ccm sterilem Leitungswasser gefüllten Bechergläsern wiederholt; jedesmal wurde ausgegossen, bebrütet und gezählt. Nach der sukzessiven Waschung wurde die Probe in eine mit Agar gefüllte Petrischale gegeben und selbst mit Agar noch einmal überschichtet. Die daraus ausgewachsenen Kolonien sollten fotografiert werden und schließlich als Repräsentanten der in das Innere der Probe eingedrungenen Mikroorganismen dienen. In der beschriebenen Weise wurde in einer Versuchsserie mit den vier verschiedenen Kunststoffproben, einer Probe aus Glas und einer Probe aus einer keramischen Masse verfahren. Das Ergebnis einer Versuchsserie bildeten also die Anzahlen der ausgezählten Kolonien pro Probe und Waschung und die Fotografien der nach Abschluß der Waschung in Agar eingegossenen Proben. Es wurden fünf solcher Versuchsserien durchgeführt.

B. Zählergebnisse

Für die Auswertung wurden die Proben über Nacht durch eine 12 stündige Lagerung in einer Bouillon, die ca. 100.000.000 Keime / ccm enthielt, infiziert. Am Tage darauf wurde begonnen, die auf Platten ausgegossenen Ergebnisse der sukzessiven Waschung der Proben zu bebrüten. Dabei war jeweils 1 ml Waschwasser zu einer Platte ausgegossen worden. Zwei Tage später erfolgte die Auszählung. Bei sehr stark bewachsenen Platten erfolgte die Auszählung eines repräsentativen Bezirkes unter einem Mikroskop mit Zählokular, sodaß die Gesamtzahl der auf einer Platte vorhandenen Kolonien annähernd durch Multiplikation errechnet werden konnte. Die nun folgenden Tabellen geben die Anzahl der Kolonien auf den bebrüteten Agarplatten in der Reihenfolge der Waschungen innerhalb der fünf Versuchsserien und den Mittelwert daraus an:

1. PALADON 65

	22.1.67	4.2.67	6.3.67	22.4.67	29.4.67	Mittelwert
1. Waschung	265 620	292 108	370 382	723 747	184 761	367 324
2. Waschung	18 150	15 376	16 890	38 132	90 202	19 550
3. Waschung	404	327	527	940	635	567
4. Waschung	204	147	317	468	412	310
5. Waschung	198	143	408	174	213	227
6. Waschung	81	38	137	81	72	82

2. PALADUR gepresst

1. Waschung	106 747	944 955	251 439	695 161	176 966	435 053
2. Waschung	2 234	9 138	5 929	9 254	4 488	6 209
3. Waschung	230	922	340	612	345	490
4. Waschung	96	242	138	234	64	155
5. Waschung	24	101	49	40	45	52
6. Waschung	62	45	16	20	44	37

3. PALADUR getropft

1. Waschung	621 481	268 852	144 352	134 939	261 484	286 222
2. Waschung	33 654	12 382	7 488	8 202	13 608	15 067
3. Waschung	12 029	4 264	2 832	2 301	2 152	4 716
4. Waschung	1 229	565	676	917	723	822
5. Waschung	612	351	394	563	409	466
6. Waschung	145	121	109	247	172	159

4. PALADUR im Drucktopf

	22.1.67	4.2.67	6.3.67	22.4.67	29.4.67	Mittelwert
1. Waschung	181 391	454 250	193 868	383 427	191 146	280 816
2. Waschung	2 530	4 104	2 217	2 193	2 024	2 614
3. Waschung	989	1 782	779	814	870	1 047
4. Waschung	234	818	228	214	205	340
5. Waschung	231	276	150	70	61	145
6. Waschung	87	45	98	46	42	64

5. G L A S

1. Waschung	566 728	271 122	254 338	710 134	352 798	431 024
2. Waschung	2 035	1 134	981	1 191	1 761	1 420
3. Waschung	80	98	62	102	76	84
4. Waschung	26	18	44	58	22	34
5. Waschung	17	19	30	49	21	27
6. Waschung	15	22	19	46	17	24

6. Keramische Masse

1. Waschung	511 406	306 776	475 200	552 443	299 482	429 061
2. Waschung	70 611	34 787	24 736	22 445	21 893	34 894
3. Waschung	9 223	12 612	7 660	11 060	10 123	10 136
4. Waschung	6 870	3 239	2 428	5 214	4 168	4 384
5. Waschung	3 016	1 176	1 012	2 181	2 188	1 915
6. Waschung	1 382	959	772	977	1 238	1 066

Die in Agar eingegossenen Proben lieferten nach der Bebrütung keine zählbaren Ergebnisse, und auch die fotografische Darstellung ließ keinen quantitativen Vergleich der Proben zu (Abb. 9, 10 und 11).



Abb. 9. Die in Agar eingegossene Probe von PALADON 65.



Abb. 10. Die in Agar eingegossene Probe von PALADUR getropft.

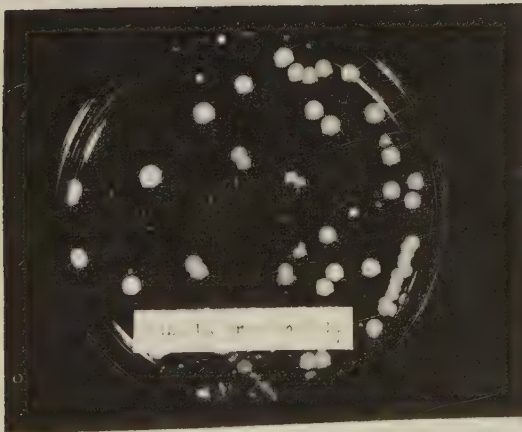


Abb. 11. Die in Agar eingegossene Probe von PALADUR im Drucktopf.

C. Statistische Auswertung

Um Fehlschlüsse zu vermeiden und gleichzeitig die Aussagekraft der Ergebnisse sichern zu helfen, wurden bei der Auswertung der Zählergebnisse statistische Methoden angewendet.

Die Überlegung, daß die sukzessive Waschung jeder Probe praktisch als eine Zeit-Wirkungskurve angesehen und nach dem Rechenschema, das KOLLER(6) in seinen Ausführungen über die Zeit-Wirkungskurven gegeben hat, ausgewertet werden kann, bildete die Grundlage. Die Zählergebnisse wurden in ihre Logarithmen überführt, um die Kurven in diesem Falle darstellbar zu machen. Es wurden die Kurven der vier mal fünf Kunststoffproben betrachtet, wobei die Waschungen der Zeiteinheit gleichgesetzt und die Proben fortlaufend nummeriert wurden. Die Varianzanalyse wurde lediglich mit den Kurven der vier verschiedenen Kunststoffe durchgeführt, da die Kurven der keramischen Masse und von Glas ihre Unterschiede zu den Kurven der vier Kunststoffe bereits klar erkennen ließen. (Vergl. hierzu Diagramm 13 - 17)

Tabelle 1. Verlaufskurven der Proben +

PALADON 65

Probe Nr.	Waschungen						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	5,42	4,26	2,61	2,31	2,30	1,91	18,81
2	5,47	4,19	2,51	2,17	2,16	1,58	18,08
3	5,57	4,23	2,72	2,50	2,61	2,14	19,77
4	5,86	4,58	2,97	2,67	2,24	1,91	20,23
5	5,27	4,96	2,80	2,61	2,33	1,86	19,83
Summe	27,59	22,22	13,61	12,26	11,64	9,40	96,72

PALADUR gepresst

6	5,03	3,35	2,36	1,98	1,38	1,79	15,89
7	5,98	3,96	2,96	2,38	2,00	1,65	18,93
8	5,40	3,77	2,53	2,14	1,69	1,20	16,73
9	5,84	3,97	2,79	2,37	1,60	1,30	17,87
10	5,25	3,65	2,54	1,81	1,65	1,64	16,54
Summe	27,50	18,70	13,18	10,68	8,32	7,58	85,96

+ Die Zahlen geben die Logarithmen der tatsächlichen Zählergebnisse wieder.

Fortsetzung von Tabelle 1. +

PALADUR getropft

Probe Nr.	Waschungen						Summe
	1	2	3	4	5	6	
11	5,79	4,53	4,08	3,09	2,79	2,16	22,44
12	5,43	4,09	3,63	2,75	2,55	2,08	20,53
13	5,16	3,87	3,45	2,83	2,60	2,04	19,95
14	5,13	3,91	3,36	2,96	2,75	2,39	20,50
15	5,42	4,13	3,33	2,86	2,61	2,24	20,59
Summe	26,93	20,53	17,85	14,49	13,30	10,91	104,01

PALADUR im Drucktopf

16	5,26	3,40	2,30	2,37	2,36	1,94	17,63
17	5,66	3,61	3,25	2,91	2,44	1,65	19,52
18	5,29	3,35	2,89	2,36	2,18	1,99	18,06
19	5,58	3,34	2,91	2,33	1,85	1,66	17,67
20	5,28	3,31	2,94	2,31	1,79	1,62	17,25
Summe	27,07	17,01	14,29	12,28	10,62	8,86	90,13
SUMME	109,09	78,46	58,93	49,71	43,88	36,75	376,82

+ Die Zahlen geben die Logarithmen der tatsächlichen Zählergebnisse wieder.

Tabelle 2. Quadrattafel für Proben (P) und Waschungen (W)

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	Zusammen	Summenquadrat
P_1	29,3764	18,1476	6,8121	5,3361	5,2900	3,6481	68,6103	353,8161
P_2	29,9209	17,5561	6,3001	4,7089	4,6656	2,4964	65,6480	326,8664
P_3	31,0249	17,8929	7,3984	6,2500	6,8121	4,5796	73,9579	390,8529
P_4	34,3396	20,9764	8,8209	7,1289	5,0176	3,6481	79,9315	409,2529
P_5	27,7729	24,6016	7,8400	6,8121	5,4289	3,4596	75,9151	393,2289
Zusammen	152,4347	99,1746	37,1715	30,2360	27,2142	17,8318	364,0628	1 874,0372
P_6	25,3009	11,2225	5,5696	3,9204	1,9044	3,2041	51,1219	252,4921
P_7	35,7604	15,6816	8,7616	5,6644	4,0000	2,7225	72,5905	358,3449
P_8	29,1600	14,2129	6,4009	4,5796	2,8561	1,4400	58,6495	279,8929
P_9	34,1056	15,7609	7,7841	5,6169	2,5600	1,6900	67,5175	319,3369
P_{10}	27,5625	13,3225	6,4516	3,2761	2,7225	2,6896	56,0248	273,5716
Zusammen	151,8894,	70,2004	34,9678	23,0574	14,0430	11,7462	305,9042	1 483,6384

Fortsetzung von Tabelle 2. Quadrattafel für PW

	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	Zusammen	Summenquadrat
P ₁₁	33,5241	20,5209	16,6454	9,5431	7,7841	4,6656	92,6892	503,5536
P ₁₂	29,4549	16,7281	13,1769	7,5623	6,5025	4,3264	77,7813	421,4809
P ₁₃	26,6256	14,9769	11,9025	8,0089	6,7600	4,1616	72,4355	398,0025
P ₁₄	26,3169	15,2881	11,2896	8,7616	7,5625	5,7121	74,9308	420,2500
P ₁₅	29,2764	17,0559	11,0889	8,1796	6,8121	5,0176	77,5315	423,9431
Zusammen	145,3279	84,5709	64,1043	42,0607	35,4212	23,8833	395,3683	2 167,2351
P ₁₆	27,6676	11,5600	5,2900	5,6169	5,5696	3,7636	59,4677	310,8169
P ₁₇	32,0356	13,0321	10,5625	8,4681	5,9536	2,7225	72,7744	381,0304
P ₁₈	27,9841	11,2225	8,3521	5,5936	4,7524	3,9601	61,8408	326,1636
P ₁₉	31,1364	11,1556	8,4681	5,4289	3,4225	2,7556	62,3671	312,2299
P ₂₀	27,8734	10,9561	8,6436	5,3361	3,2041	2,6244	58,6427	297,5625
Zusammen	146,7021	57,9263	41,3163	30,4196	22,9022	15,8262	315,0927	1 627,8023
ZUSAMMEN	596,3541	311,8722	177,5599	125,7737	99,5906	69,2875	1 380,4280	7 152,7130
Summen- quadrat	11 900,6281	6 155,9716	3 472,7449	2 471,0841	1 925,4544	1 350,5625	27 276,4456	141 999,3124

Die Streuungszzerlegung beginnt mit den 120 Einzelwerten in der PW - Tafel, bei der die vier unterschiedlichen Kunststoffe nicht unterschieden sind.

Tabelle 3 Streuungszzerlegung der PW - Tafel

Art der Streuung	Symbol	S A Q	FG	MAQ
Zwischen den Waschungen	W	$\frac{27\ 276,4456}{20} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 180,5446$	5	36,1089
Zwischen den Prüfkörpern	P	$\frac{7\ 152,7130}{6} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 8,8412$	19	0,4653
Rest (Wechselwirkung PW)	PW	(Differenz) 7,7646	95	0,0817
Insgesamt in der PW-Tafel		$1\ 380,4280 - \frac{141\ 993,3124}{120} = 197,1504$	119	

Die Streuung zwischen den 20 Proben setzt sich aus der Streuung zwischen den vier verwendeten Kunststoffen und den Streuungen zwischen den 5 Proben innerhalb jeden Kunststoffes zusammen.

Tabelle 4 Untergliederung der P - Streuung

Art der Streuung	Symbol	S A Q	FG	MAQ
Zwischen den Kunststoffen	K	$\frac{35\ 685,3770}{30} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 6,2349$	3	2,0783
Zwischen P ₁ bis P ₅	P ₁₋₅	$\frac{1\ 874,0372}{6} - \frac{9\ 354,7584}{30} = 0,5142$	4	0,1286
Zwischen P ₆ bis P ₁₀	P ₆₋₁₀	$\frac{1\ 483,6384}{6} - \frac{7\ 389,1216}{30} = 0,9689$	4	0,2422
Zwischen P ₁₁ bis P ₁₅	P ₁₁₋₁₅	$\frac{2\ 167,2351}{6} - \frac{10\ 818,0801}{30} = 0,6032$	4	0,1508
Zwischen P ₁₆ bis P ₂₀	P ₁₆₋₂₀	$\frac{1\ 627,8023}{6} - \frac{8\ 123,4169}{30} = 0,5198$	4	0,1300
Zwischen den Proben insgesamt	P	$\frac{7\ 152,7130}{6} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 8,8412$	19	

Zur Ermittlung der Wechselwirkung KW (Kunststoffe-Waschungen) wird die Quadrat-
tafel für die kleingeschriebenen Zwischensummenzeilen der Tabelle 1 aufgestellt

Tabelle 5. Quadrat tafel für KW

	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	Zusammen	Summenquadrat
PALADON 65	761,2081	493,7284	185,2321	150,3076	135,4896	88,3600	1 814,3258	9 354,7594
PALADUR gepresst	756,2500	349,6900	173,7124	114,0624	69,2224	57,4564	1 520,3936	7 389,1216
PALADUR getropft	725,2249	421,4809	318,6225	209,9601	176,8900	119,0281	1 971,2065	10 818,0801
PALADUR im Drucktopf	732,7849	289,3401	204,2041	150,7984	112,7844	78,4996	1 568,4115	8 123,4169
Zusammen	2 975,4679	1 554,2394	881,7711	625,1285	494,3864	343,3441	6 874,3374	35 685,3770
Summenquadrat	11 900,6281	6 155,9716	3 472,7449	2 471,0841	1 925,4544	1 350,5625	27 276,4456	141 993,3124

Die Wechselwirkung KW ergibt sich als Differenz in Tabelle 6

Tabelle 6. Streuungszzerlegung in der KW-Tafel

Art der Streuung	Symbol	S A Q	FG	MAQ
Zwischen den Waschungen	W	$\frac{27\ 276,4456}{20} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 180,5446$	5	36,1089
Zwischen den Kunststoffen	K	$\frac{35\ 685,3770}{30} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 6,2349$	3	2,0783
Rest (Wechselwirkung KW)	KW	(Differenz) 4,8103	15	0,3207
Insgesamt in der KW-Tafel		$\frac{6\ 874,3374}{5} - \frac{141\ 993,3124}{120} = 191,5898$	23	

Schließlich ist noch die Reststreuung als Schätzung des Versuchsfehlers zu ermitteln, die die Wechselwirkung zwischen den Waschungen und den je 5 Proben innerhalb jeden Kunststoffes enthält. Die Werte ergeben sich aus den verschiedenen Quadrattafeln.

Tabelle 7. Streuungszzerlegung in den vier Teilen der Tafel für PALADON 65,
PALADUR gepresst, PALADUR getropft und PALADUR im Drucktopf.

Art der Steuerung	S A Q		G	MAQ
Zwischen den Waschungen bei $P_1 - 5$	$\frac{1\ 814,3258}{5}$	$-\frac{9\ 354,7534}{30} = 51,0398$	5	10,2080
Zwischen $P_1 - 5$	$\frac{1\ 874,0372}{6}$	$-\frac{9\ 354,7534}{30} = 0,5142$	4	0,1286
Rest (Wechselwirkung $P_1 - 5$ W)	(Differenz)	0,6835	20	0,0342
Insgesamt in der $P_1 - 5$ W - Tafel	364,0628	$-\frac{9\ 354,7534}{30} = 52,2375$	29	
Zwischen den Waschungen bei $P_6 - 10$	$\frac{1\ 520,3936}{5}$	$-\frac{7\ 389,1216}{30} = 57,7746$	5	11,5549
Zwischen $P_6 - 10$	$\frac{1\ 483,6384}{5}$	$-\frac{7\ 389,1216}{30} = 0,9689$	4	0,2422
Rest (Wechselwirkung $P_6 - 10$ W)	(Differenz)	0,8566	20	0,0428
Insgesamt in der $P_6 - 10$ W - Tafel	305,9042	$-\frac{7\ 389,1216}{30} = 59,6001$		
Zwischen den Waschungen bei $P_{11} - 15$	$\frac{1\ 971,2065}{5}$	$-\frac{10\ 818,0801}{30} = 33,6387$	5	6,7277
Zwischen $P_{11} - 15$	$\frac{2\ 167,2351}{6}$	$-\frac{10\ 818,0801}{30} = 0,6032$	4	0,1508
Rest (Wechselwirkung $P_{11} - 15$ W)	(Differenz)	0,5238	20	0,0262
Insgesamt in der $P_{11} - 15$ W - Tafel	395,3683	$-\frac{10\ 818,0801}{30} = 34,7657$	29	
Zwischen den Waschungen bei $P_{16} - 20$	$\frac{1\ 568,4115}{5}$	$-\frac{8\ 123,4169}{30} = 42,9018$	5	8,5804
Zwischen $P_{16} - 20$	$\frac{1\ 627,8023}{6}$	$-\frac{8\ 123,4169}{30} = 0,5198$	4	0,1300
Rest (Wechselwirkung $P_{16} - 20$ W)	(Differenz)	0,8906	20	0,0445
Insgesamt in der $P_{16} - 20$ W - Tafel	315,0927	$-\frac{8\ 123,4169}{30} = 44,3122$	29	

Die gesamte Streuungserlegung ist in Tabelle 8 zusammengefaßt.

Tabelle 8. Endgültige Streuungserlegung zu Tabelle 1.

Art der Streuung	Symbol	S A Q	FG	M A Q	F	F _{0.01}
Zwischen den Waschungen	W	180,5446	5	36,1089	978,56	3,26 (5/80)
Zwischen den Kunststoffen	K	6,2349	3	2,0783	12,7581	5,29 (3/16)
Zwischen den Proben P ₁₋₅	P ₁₋₅	0,5142	4	0,1286		
" " " P ₆₋₁₀	P ₆₋₁₀	0,9684	4	0,2422		
" " " P ₁₁₋₁₅	P ₁₁₋₁₅	0,6032	4	0,1508		
" " " P ₁₆₋₂₀	P ₁₆₋₂₀	0,5198	4	0,1300		
Mittelwert zwischen den Proben P ₁₋₂₀ (M A Q)				0,1629		
Wechselwirkungen	KW	4,8103	15	0,3207	8,691	2,27 (15/80)
	P ₁₋₅ W	0,6835	20	0,0342		
	P ₆₋₁₀ W	0,8566	20	0,0428		
	P ₁₁₋₁₅ W	0,5238	20	0,0262		
	P ₁₆₋₂₀ W	0,8906	20	0,0445		
Mittelwert des MAQ der Wechselwirkungen P ₁₋₂₀ W				0,0369		

Ergebnisse:

1. Die Unterschiede zwischen den Waschungen (W-Streuung) sind statistisch gesichert, die Keimzahl nimmt im Laufe der Waschungen ab.
2. Die Unterschiede zwischen den Kunststoffen (K-Streuung) sind statistisch gesichert. Die Kunststoffe weisen eine unterschiedliche Durchschnittskurve der Keimabnahme im Verlaufe der Waschungen auf.

3. Die Wechselwirkung $K \times W$ ist statistisch gesichert. Die vier Kunststoffe weisen einen unterschiedlichen Kurvenverlauf der Waschungen auf.

VI KLINISCHE BEOBSACHTUNGEN

Um die untersuchten Kunststoffe auch klinisch vergleichen zu können, gingen wir von der Überlegung aus, daß es wünschenswert wäre, mindestens zwei der verwendeten Kunststoffe jeweils gleichzeitig im gleichen Milieu einer Mundhöhle über einen längeren Zeitraum zu beobachten.

Wir wandten uns an unsere Kieferorthopädische Abteilung, da die dort zur Therapie benutzten Platten und Apparate etwa ein halbes bis ein Jahr im Munde bleiben und die Patienten regelmäßig zur Behandlung wiederbestellt werden. Auch werden die Platten während ihrer Tragezeit nicht so großen mechanischen Belastungen unterworfen, wie beispielsweise Prothesen, denn die untenbeschriebene Art der Herstellung ließ herabgesetzte mechanische Eigenschaften erwarten.

Es wurden bei 25 Patienten der Kieferorthopädie zur Herstellung der Platten und Apparate jeweils zwei der zur Verfügung stehenden Kunststoffe so verarbeitet, daß die eine Hälfte aus dem einen die andere aus dem zweiten Kunststoff bestand. Dabei überlappten sich die beiden Kunststoffe in der Mitte, wie es die Abbildung 12 zeigt. Besondere Schwierigkeiten berei-



Abb. 12. Herstellungsschema der Kieferorthopädischen Platten.

tete die Herstellung der Platten mit der Kombination PALADON 65 - PALADUR. In diesem Falle mußte die Hälfte aus PALADON 65 zusammen mit einem Platzhalter, wir verwandten dazu Silone, polymerisiert werden.

Das Ergebnis der etwa monatlichen Kontrolle war negativ. Es zeigte sich keine Rötung oder Anzeichen einer Entzündung. Die Schleimhaut war in allen Fällen unauffällig und ließ keinerlei Unterschied zwischen den beiden Seiten erkennen.

VII DISKUSSION

Die Diagramme 13 - 16 geben die zahlenmäßigen Ergebnisse der Waschungen bei den vier verwendeten Kunststoffen in ihren Logarithmen wieder. Die statistische Auswertung ergab, daß die vier Kunststoffe eine unterschiedliche Durchschnittskurve der Bakterienabnahme im Verlaufe der Waschungen aufweisen, wie sie in Diagramm 17 zusammen dargestellt sind.

Erwartungsgemäß bewegten sich die Zahlenwerte der vier Kunststoffe im Verlauf aller Waschungen in einem Bereich, der auf der einen Seite durch die Werte von Glas und auf der anderen Seite durch die Werte der keramischen Masse begrenzt wurde. Die keramische Masse zeigte deutlich die ungünstigsten Werte, d.h. die Abnahme der Bakterien im Verlaufe der Waschungen war unter den sechs untersuchten Stoffen am geringsten. Glas schnitt in dieser Beziehung am günstigsten ab.

Die erste Waschung zeigt noch ziemlich dicht beieinanderliegende Werte der vier Kunststoffe, deren Werte in der zweiten Waschung bereits auseinandergezogen sind. Die Zahlenwerte der dritten Waschung zeigen die für die gesamten Versuche charakteristische Verteilung. Die ungünstigsten Werte liefert hier das an der Luft ohne Druck ausgehärtete PALADUR. Die günstigsten Werte liefert nicht das PALADON 65, wie es zu erwarten gewesen wäre, sondern es wird von dem PALADUR, das in der Kivette unter Druck verarbeitet worden war, übertroffen. Auch im weiteren Verlauf der Kurven schneidet das gepresste PALADUR am besten ab, während das PALADON 65 mit relativ günstigen Anfangswerten nur eine langsame Abnahme der Keimzahl zeigt. Entsprechend der ausgezählten Bakterienabnahme ergibt sich für die untersuchten Kunststoffe die Reihenfolge:

1. PALADUR unter Druck in der Kuvette verarbeitet
2. PALADON 65 in der Kuvette warm polymerisiert
3. PALADUR im Drucktopf, d.h. im Wasserbad unter Druck ausgehärtet
4. PALADUR ohne Druck an der Luft ausgehärtet

Da die Versuche ausschließlich mit einem Erregerstamm durchgeführt wurden, erfährt das Ergebnis der Untersuchungen eine Einschränkung. Es besteht die Möglichkeit, daß analoge Untersuchungen mit einem anderen Teststamm anderslautende Ergebnisse liefern. So wäre z.B. zu erwarten, daß bei gleicher Versuchsanordnung mit einem Stamm der größeren gramnegativen Erreger die Kurven der Zählergebnisse steiler erscheinen würden.

Die fotografischen Oberflächenaufnahmen der untersuchten Proben, deren Oberflächen unter gleichen Bedingungen von Druck, Zeit und Rauigkeit der Bearbeitungsmaterialien poliert worden waren, bestätigen die Versuchsergebnisse nicht (Vergl. hierzu Abb. 1 - 4). In diesen Aufnahmen hat die Oberfläche von PALADON 65 die günstigste Beschaffenheit. Ihr folgt die Oberfläche vom gepressten PALADUR. Die Oberflächen von PALADUR, das ohne Druck an der Luft aushärtete und PALADUR, das im Wasserbad unter Druck verarbeitet wurde, stehen an letzter Stelle und zeigen keine großen Unterschiede.

Die Oberflächenaufnahmen der untersuchten Proben werden durch die Aufzeichnungen des Oberflächenprofils mittels des FÜRSTER-Profilografen verdeutlicht (Diagramme 1 - 12). Auch hier zeigt das PALADON 65 die günstigsten Werte, d.h. die Rauigkeiten der Oberfläche haben eine Tiefe von ca. $0,2 - 0,3 \mu$. Das gepresste PALADUR zeigt Rauigkeiten bis zu einer Tiefe von $0,5 \mu$. Das im Drucktopf verarbeitete PALADUR hat Rauigkeiten bis zu einer Tiefe von $0,7 \mu$. Das an der Luft ausgehärtete PALADUR schneidet am ungünstigsten ab, es hat Rauigkeiten bis zu einer Tiefe von $1,1 \mu$.

Diagramm 13. Grafische Darstellung der Keimabnahme im Laufe der sukzessiven Waschung von Glas, PALADON 65 und einer keramischen Masse.

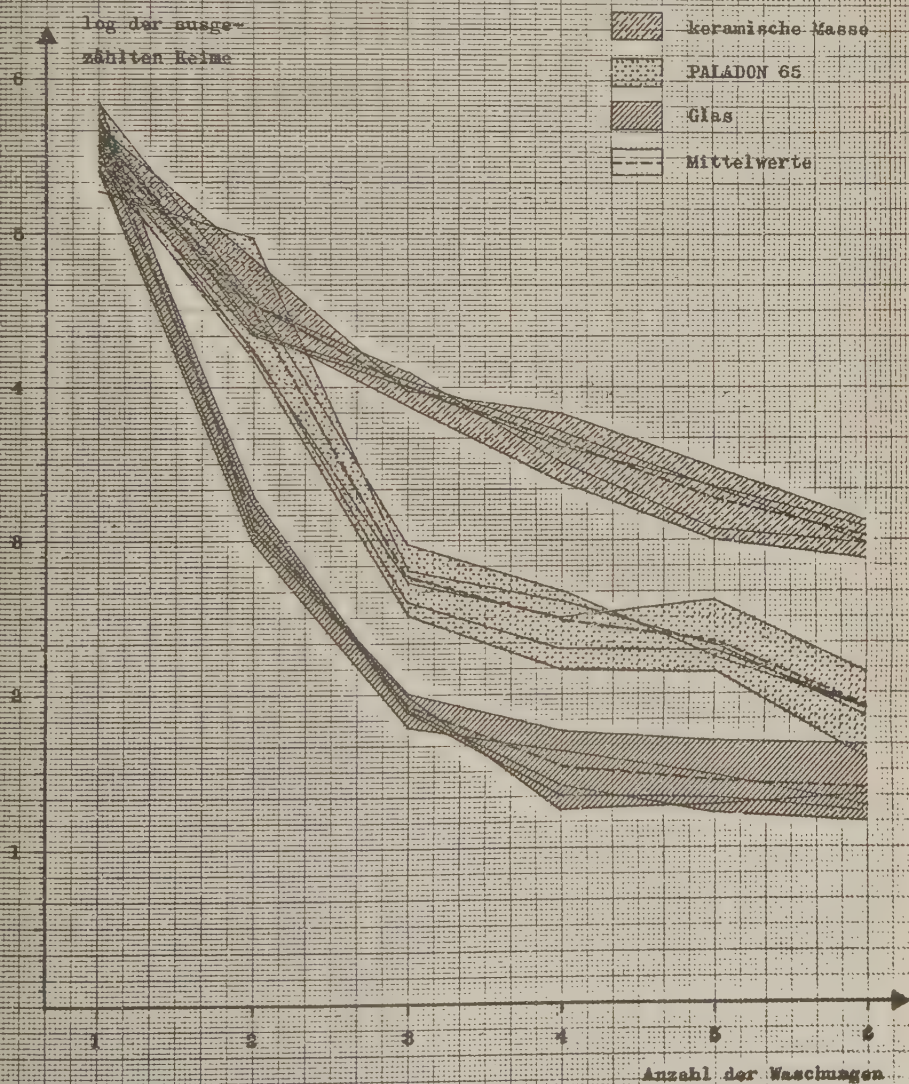


Diagramm 14. Grafische Darstellung der Keimabnahme im Laufe der sukzessiven Waschung von Glas, PALADUR gepresst und einer keramischen Masse.

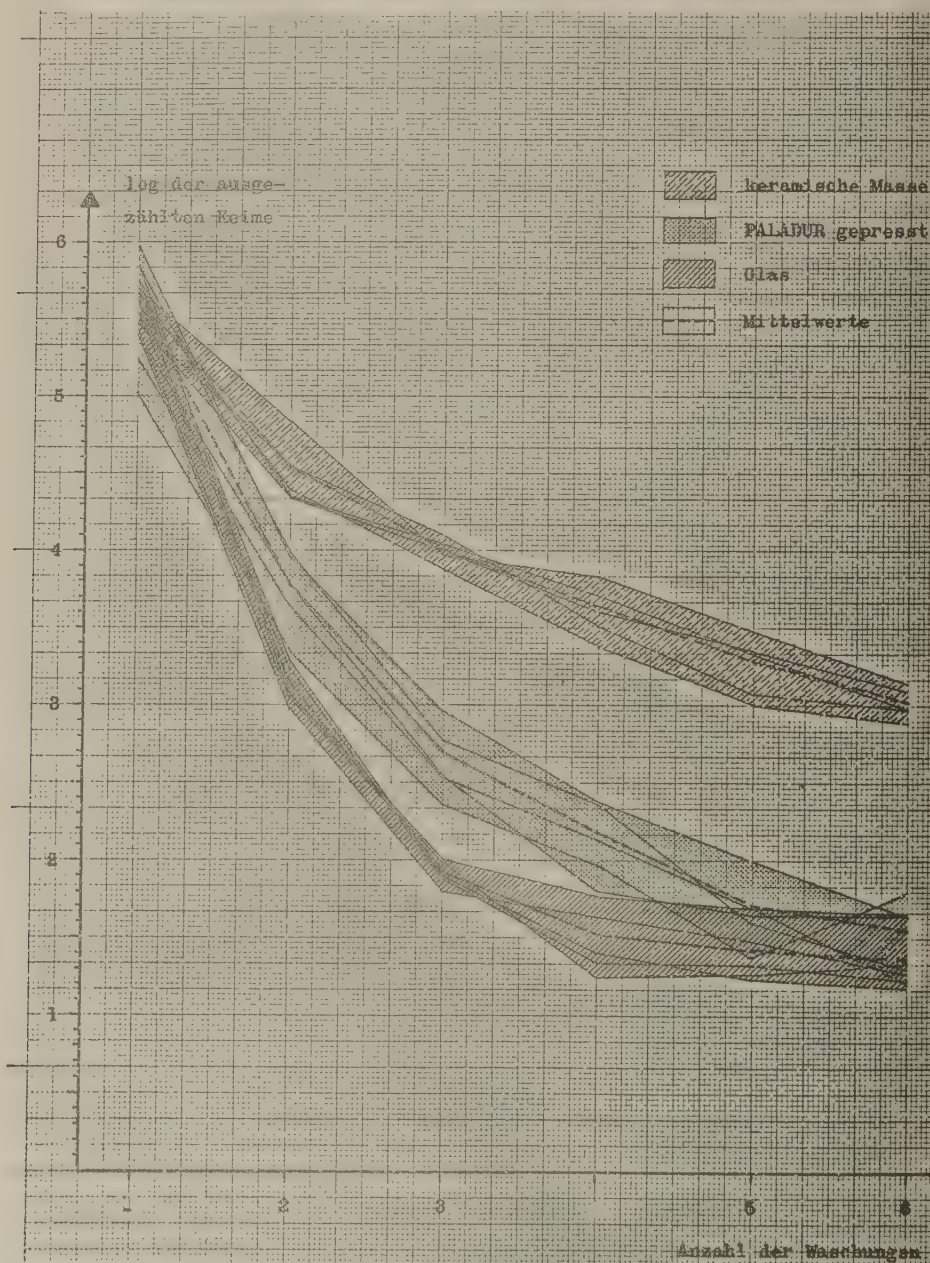


Diagramm 15. Grafische Darstellung der Keimabnahme im Laufe der sukzessiven Waschung von Glas, PALADUR getropft und einer keramischen Masse.

Log der ausgezählten Keime

-  keramische Masse
-  PALADUR getropft
-  Glas
-  Mittelwerte

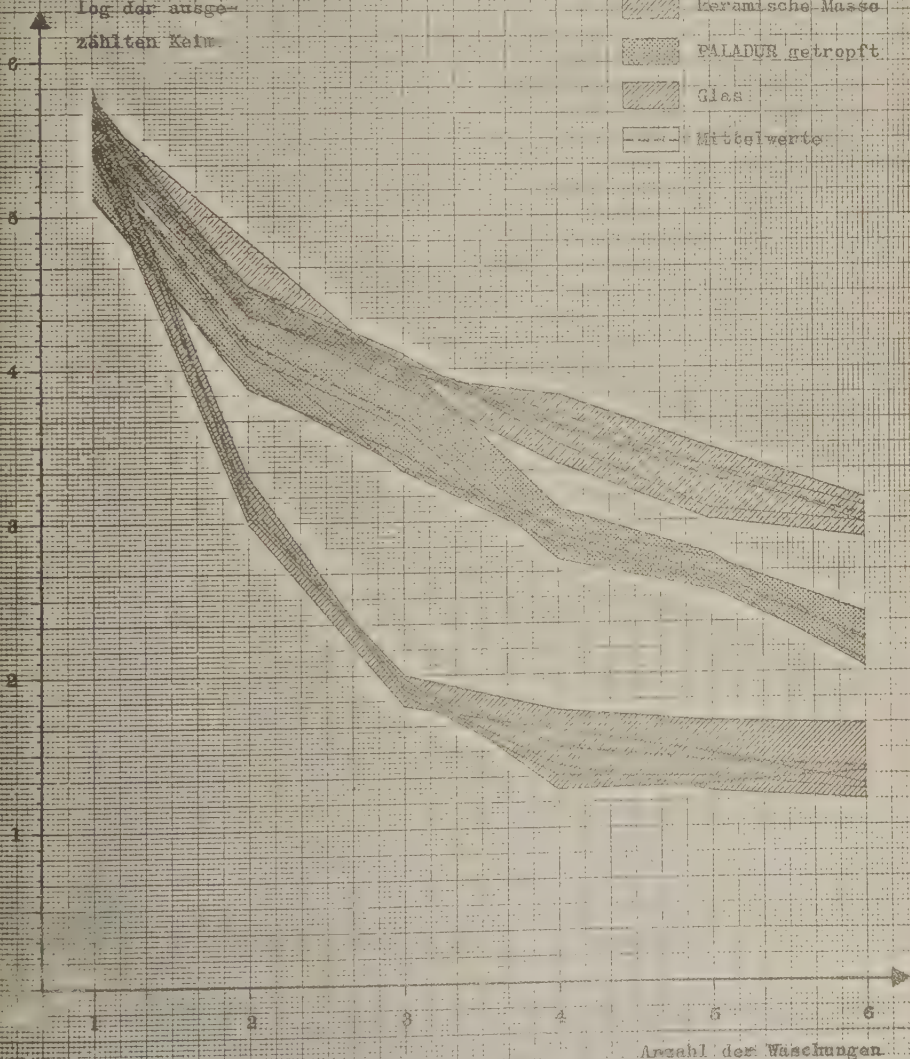


Diagramm 16. Grafische Darstellung der Keimabnahme im Laufe der sukzessiven Waschung von Glas, PALADUR im Drucktopf und einer keramischen Masse.

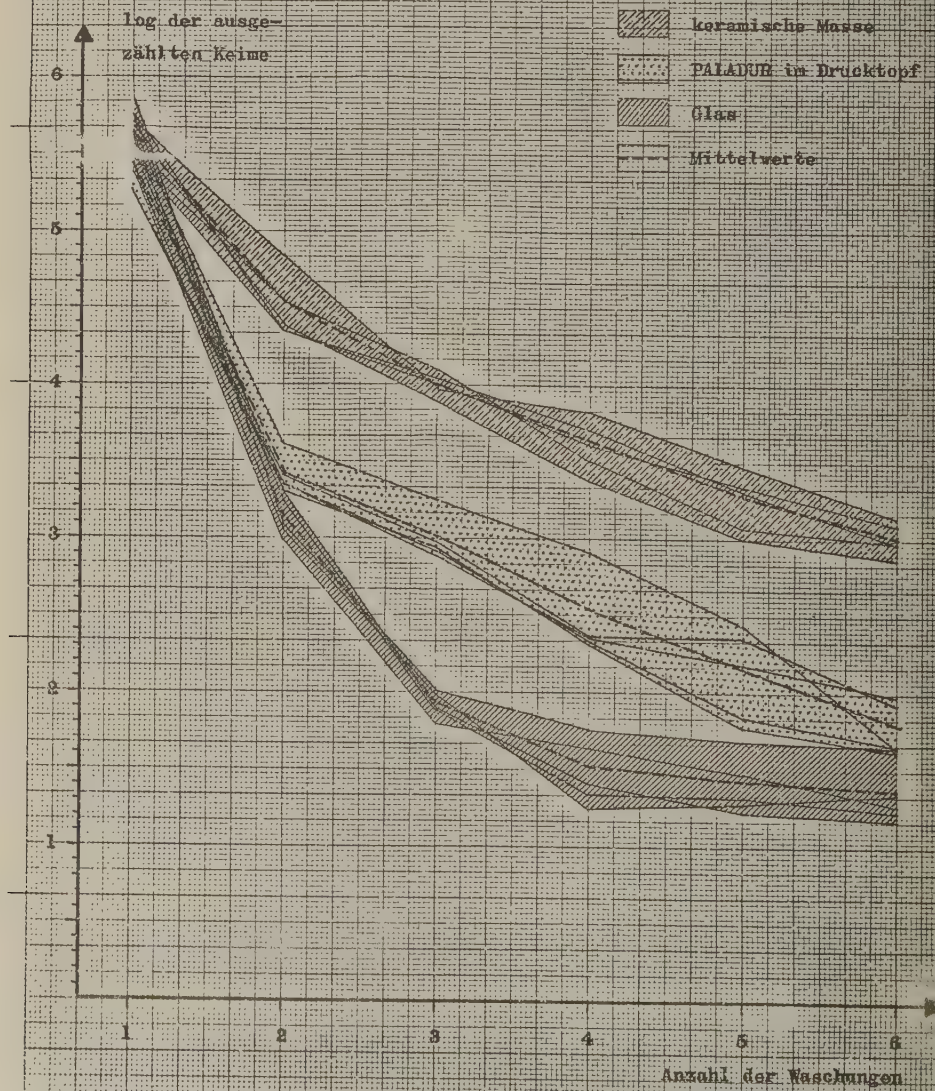
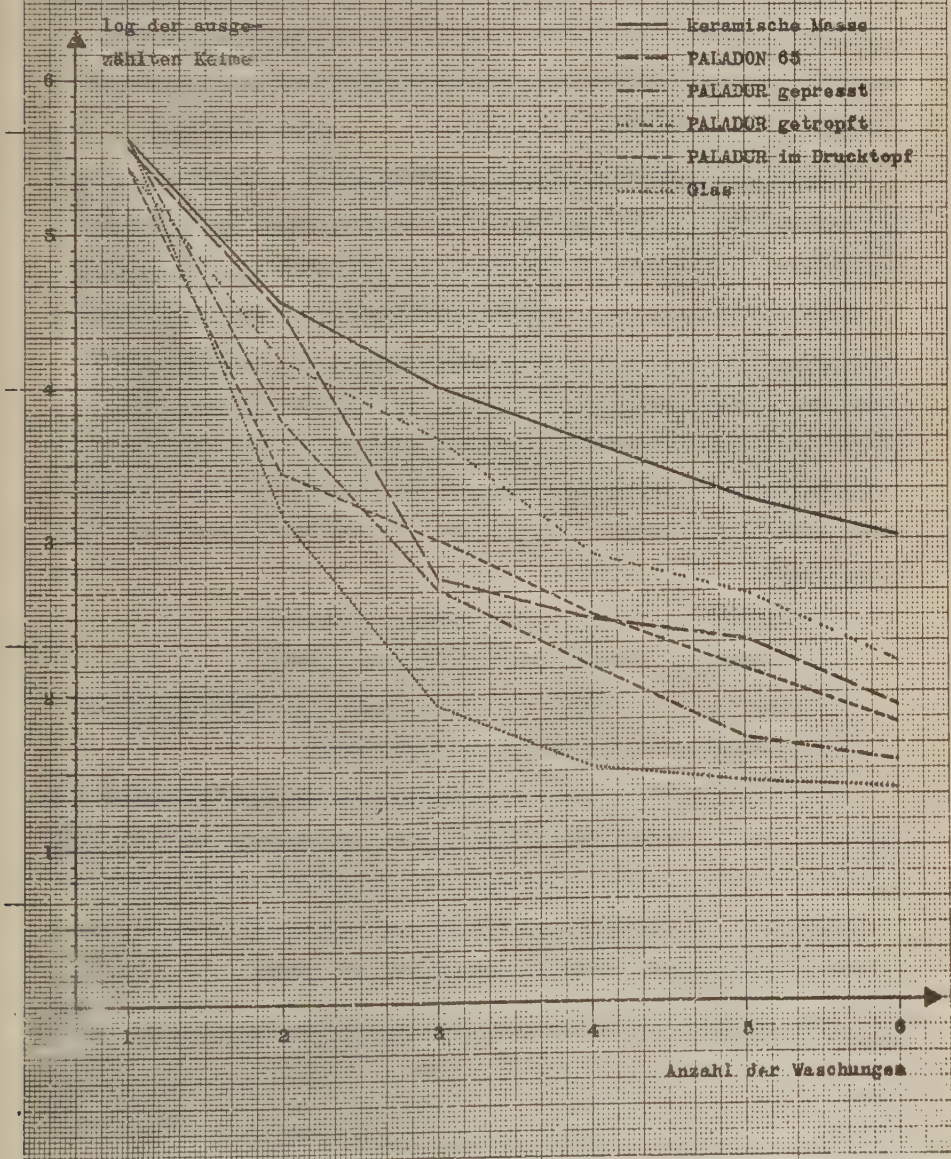


Diagramm 17. Grafische Darstellung der Mittelwerte der Keimabnahme im Laufe der sukzessiven Waschung von Glas, PALADON 65, PALADUR gepresst, PALADUR getropft, PALADUR im Drucktopf und einer keramischen Masse.



VIII ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabe dieser Arbeit war es, zu prüfen, ob die in der Zahnheilkunde zur Prothesenherstellung benutzten Kunststoffe PALADON 65 und PALADUR unter verschiedenen Verarbeitungsbedingungen Mikroorganismen eine unterschiedliche Retentionsmöglichkeit bieten.

Werkstoffproben der verschiedenen Kunststoffe wurden analog den für die Prothesenherstellung bestehenden Verarbeitungsvorschriften hergestellt. Diese Proben wurden mit einem bekannten Erregerstamm infiziert. Anschließend wurde die Bakterienabgabe mittels sukzessiver Waschungen ausgetestet. Die aus den sukzessiven Waschungen resultierenden Zählergebnisse wurden nach dem Schema einer Zeit-Wirkungskurve mit Hilfe der Varianzanalyse statistisch ausgewertet. Danach kann eine unterschiedliche Keimretention an zahnärztlichen Kunststoffen behauptet werden. Entsprechend der ausgezählten Bakterienabnahme ergibt sich für die untersuchten Kunststoffe die Reihenfolge:

1. PALADUR unter Druck in der Kuvette verarbeitet
2. PALADON 65 in der Kuvette warm polymerisiert
3. PALADUR im Drucktopf, d.h. im Wasserbad unter Druck ausgehärtet
4. PALADUR ohne Druck an der Luft ausgehärtet

Jeder Versuchsserie wurden zur Erlangung von Repräsentativwerten eine Probe aus Glas, als Werkstoff mit ideal glatter Oberfläche, und eine Probe aus einer keramischen Masse, als Vertreter starker Oberflächenrauigkeit hinzugefügt. Glas zeigte eine geringere Keimretention als alle vier untersuchten Kunststoffe und die keramische Masse eine größere.

Eine grafische Darstellung des Oberflächenprofils mittels des FÜRSTER-

Profilografen ergab in der Reihenfolge der Zunahme der Rauhtiefen die Reihenfolge:

1. PALADON 65
2. PALADUR gepresst
3. PALADUR im Drucktopf
4. PALADUR getropft

Glas hatte die geringsten Rauhtiefen, die keramische Masse die stärksten.

Fotografische Oberflächenaufnahmen der untersuchten Proben im Auflichtmikroskop ergaben hinsichtlich der Zunahme der sichtbaren Rauhtiefen die gleiche Reihenfolge wie der Profilograf.

Die klinische Untersuchung an 25 Füllen, bei denen sich jeweils zwei der untersuchten Werkstoffe über einen längeren Zeitraum in der Mundhöhle befanden, ließen keine Unterschiede erkennen.

IX LITERATURVERZEICHNIS

1. BERGER, U. : Mikrobiologie der Mundhöhle für Zahnärzte und Studenten.
1. Auflage, Urban und Schwarzenberg, München - Berlin 1955, S. 180 - 188.
2. BRUHIN, H. : Sterilisation mit Äthylenoxyd unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung bei Kunststoffen.
BÜHLMANN, K.
LAMMERS, Th. Schweiz. Med. Wschr. 91, 607 - 613, 635 - 639 (1961)
VISCHER, W. A.
3. GEWALT, R. : Ein neues Sterilisationsverfahren mit gespanntem Äthylenoxyd.
LAMMERS, Th. Z. Hyg. 144, 350 (1958)
4. HEISS, W. : Ein neues Kaltsterilisationsgerät
SCHMIDT-MENDE, W. Der CHIRURG, 33, 40 (1962)
5. KLIWE, H. : Das Mainzer Sterilisationsverfahren.
LAMMERS, Th. Ärztl. Prax. 11, 1857 (1959)
6. KOLLER, S. : Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse. In :
HOPPE, SEYLER, THIERFELDER Handbuch der physiologisch- und pathologisch - chemischen Analyse Bd. II
10. Auflage, Springer, Berlin 1955, S 1011 - 1015.
7. LAMMERS, Th. : Bakteriologische Studien über die Mundflora und Mundhygiene.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 18, 378 - 396, 441 - 476 (1953)

8. MARK, H. : Über die Sterilisation von Kunststoffprothesen,
die in ein Wundbett einzugliedern sind.
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 487 - 491 (1966)
9. RODENHÄUSER, K. : Untersuchungen über die Bakteriendurchlässigkeit
von Palapont.
Dtsch. zahnärztl. Z. 4, 1296 - 1305 (1949)
10. SKINNER, E. W. : The Science of Dental Materials
3. Auflage, W. B. Saunders Company, Philadelphia -
London 1946, S. 64.
11. WEIKART, P. : Werkstoffkunde für Zahnärzte.
4. Auflage, Carl Hanser Verlag, München 1966,
S. 52 - 60, 156 - 166.
12. WERNER, W. : Bakteriologische Untersuchungen über Paladon,
Rapid-Paladon, Palapont und Rapid-Palapont unter
besonderer Berücksichtigung fehlerhafter Verarbei-
tung dieser Materialien.
Med. Diss. Frankfurt 1951

Herrn Privat-Dozenten Dr. H. Marx möchte ich an dieser Stelle meinen Dank für die Überlassung des Themas und für seinen wertvollen Rat aussprechen. Herrn Prof. Dr. F. Jung danke ich für die Übernahme des Korreferates. Mein Dank gilt auch Herrn Privat-Dozenten Dr. K. Überla vom Institut für medizinische Statistik und Dokumentation für seine Hinweise und die fachliche Beratung der statistischen Auswertungen. Herrn Privat-Dozenten Dr. F. Selenka vom Institut für Hygiene danke ich ganz besonders für seinen fachlichen Rat.

LEBENS LAUF

Am 25. Februar 1940 wurde ich, Jörg Stoffregen, als Sohn des Referenten der Reichsschrifttumskammer, Rudolf Stoffregen und seiner Ehefrau Hildegard, geborene Koßmann, in Leipzig geboren.

Mein Vater verstarb im August 1945 als Angehöriger der deutschen Wehrmacht in einem Gefangenenlager.

Im Herbst 1946 wurde ich in Leipzig eingeschult. Im August 1949 verlegte meine Mutter mit mir ihren Wohnsitz aus politischen Gründen nach Hannover, wo ich seit Ostern 1951 die Oberschule besuchte. Am 16. Februar 1961 erwarb ich an der Lutherschule in Hannover, einem neusprachlichen Gymnasium, das Zeugnis der Reife.

Seit dem Sommersemester 1961 studierte ich Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg - Universität in Mainz. Nach fünf Semestern bestand ich dort meine zahnärztliche Vorprüfung und nach fünf weiteren, klinischen Semestern legte ich am 17. August 1966 die zahnärztliche Prüfung ab.

Seit 15. August 1966 bin ich in der chirurgischen Abteilung der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Johannes Gutenberg - Universität in Mainz tätig.

